

Таким образом, пик-фактор, коэффициента эксцесса, значения безразмерных амплитудных дискриминантов плохо отражает появление небольшой трещины в роторной системе для широкополосного сигнала виброускорения, но подходит в качестве информативной характеристики для узкополосного сигнала выделенного в диапазоне 650-1150 Гц - диапазона с наибольшим изменением модальных вкладов в системе с появлением трещины.

С помощью Фурье- и Вейвлет-анализа можно распознать признаки аномального проявления изменения дефектного состояния ротора по коэффициенту демпфирования [5,6], так как с развитием трещины коэффициент демпфирования изменяется на этой частоте.

Список литературы

1. Захезин А.М., Малышева Т.В., Колосова О.П. Определение глубины и местоположения трещины в системе ротор-вал на подшипниках скольжения с помощью модального анализа. Сборник докладов и материалов IV международной научно-технической конференции "Вибрационные машины и технологии". Курск: КурскийГТУ, 1999.-С. 186-189.
2. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. М.: ДМК Пресс, 2008. – 448 с.
3. Захезин А.М. Метод неразрушающего контроля для определения зарождающихся дефектов при помощи Фурье и Вейвлет-анализа вибрационного сигнала. Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13, № 2. – С. 28-33.
4. Многоканальный синхронный регистратор спектроанализатор «Атлант». Руководство пользователя. Пермь. 1997.-С. 139.
5. Захезин, А.М. Мониторинг и прогнозирование несущей способности здания в эксплуатационных режимах его работы. Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тез. докл. IV Междунар. симпозиума. - Челябинск, 2012.
6. Zakhezin A. M., Prydco I.G. Vibration Diagnostics of Gas Pipelines Technological Equipment Using Wavelet Analysis. Procedia Engineering. 2016.
7. Захезин А.М., Малышева Т.В. Экспериментальный и теоретический модальный анализ конструкций с усталостными трещинами. Проблемы машиностроения и надежности машин № 5, 2010. – С. 89-96.

УДК 676.5+ 676.026.3

ИЗ ПРАКТИКИ АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУШИЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Куцубина Нелли Валерьевна,

канд. техн. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,

г. Екатеринбург, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Васильев Вадим Владимирович,

старший преподаватель,

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,

г. Екатеринбург, E-mail: Vadim@yandex.ru

Ключевые слова: бумагоделательные машины, сушильная часть, анализ технического состояния, вибрация, обрывность бумажного полотна.

Аннотация. В докладе обсуждаются причины возникновения колебаний конструкций сушильных частей специфического для сушильных частей характера, выявленных при анализе технического состояния ряда БМ предприятий ЦБП.

FROM THE PRACTICE OF TECHNICAL ANALYSIS
DRYING PARTS OF PAPERMAKING MACHINES

Kutsubina Nelli Valeryevna,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Vasiliev Vadim Vladimirovich,
senior lecturer, Ural State Forest Engineering University,
Yekaterinburg, E-mail: Vadim@yandex.ru

Key words: paper machines, drying part, analysis of technical condition, vibration, discontinuity of the paper web.

Abstract. The report discusses the causes of fluctuations in the designs of drying parts specific to the drying parts of the nature identified in the analysis of the technical condition of a number of paper machines of the enterprises of pulp and paper production.

Сушильная часть – это наиболее металлоемкая и энергоемкая часть бумагоделательной машины (далее – БМ). Техническое состояние сушильной части в значительной степени определяет эффективность технической эксплуатации всей БМ.

К структурным параметрам технического состояния относятся износ, повреждения, дефекты и отклонения элементов конструкций, диагностическими признаками которых является чаще всего вибрация.

Анализ технического состояния рассматриваемого оборудования направлен на выявление причин возникновения вибрации, способной повлечь за собой серьезные проблемы технологического характера, например, возникновение обрывов бумажного полотна.

В докладе обсуждаются причины возникновения колебаний конструкций сушильных частей специфического для сушильных частей характера, выявленных при анализе технического состояния ряда БМ предприятий ЦБП. К специфическим отнесем наличие большого числа сетководущих валов и валиков, объединенных между собой и сушильными цилиндрами сушильной сеткой, сушильные цилиндры, вращающиеся совместно с находящимся внутри цилиндра конденсатом, привод сушильных цилиндров, осуществляемый посредством зубчатых колес и сушильной сетки.

В сушильном цилиндре с паровым нагревом конденсат образуется постоянно. Он находится либо на дне (при скорости до 300 м/мин), либо образует кольцо по окружности цилиндра (при скорости от около 400 м/мин и более).

Известно, что мощность привода цилиндра P пропорциональна моменту сил трения $M_{тр}$ и угловой частоте вращения сушильного цилиндра ω , зависящей от скорости машины, $V_m = 30 d_{ц} \omega$, где $d_{ц}$ – диаметр цилиндра, $P = M_{тр} V_m / (30 d_{ц})$. Момент трения имеет две составляющих: постоянную $M_{то}$, не зависящую от массы конденсата, и переменную, зависящую от массы и состояния (в виде кольца или ванны) конденсата [1].

Переменная составляющая момента трения включает в себя составляющую момента трения в подшипниках от сил веса конденсата $M_{тк}$ и момента жидкостного трения конденсата о стенки цилиндра $M_{тж} = m_k g f_{ж}$, где m_k – масса конденсата в цилиндре; $f_{ж}$ – коэффициент жидкостного трения. При наличии конденсатного кольца $M_{тж} \rightarrow 0$, при наличии конденсата в цилиндре в виде ванны момент жидкостного трения пропорционален массе конденсата.

При неудовлетворительной работе пароконденсатной системы при дальнейшем накоплении конденсата в цилиндре толщина кольца непрерывно увеличивается, вплоть до наступления критической толщины, при которой кольцо разрушается. Момент жидкостного трения изменяется скачкообразно.

После разрушения конденсатного кольца конденсат скапливается в нижней части цилиндра в виде ванны и под воздействием сил трения о стенки цилиндра начинает совершать маятниковые колебания.

На цилиндр действует момент силы веса конденсата, определяемый по формуле $M_B = M_a \cos \omega_0 t$, где M_a – амплитуда момента сил веса конденсата; ω_0 – собственная частота маятниковых колебаний конденсата, рад/с.

Мощность привода сушильного цилиндра при наличии в нем конденсата в виде ванны определяется по формуле

$$P = [M_{TO} + (k_1 + k_2)m_k + M_a \cos \omega_0 t] V_M, \quad (1)$$

где k_1 ; k_2 – коэффициенты пропорциональности соответственно составляющих моментов трения в подшипниках и жидкостного трения конденсата о стенки цилиндра.

Мощность привода цилиндра при наличии конденсата в виде кольца определяется также по формуле (1), но при $k_2=0$ и $M_a=0$.

Диагностическим признаком автоколебаний конденсата в сушильных цилиндрах является внезапное увеличение мощности привода и колебания силы тока питающей сети.

На рис. 1 приведена запись мощности привода сушильной группы одной из БМ в процентах от номинальной мощности при скорости машины, равной 398 м/мин.

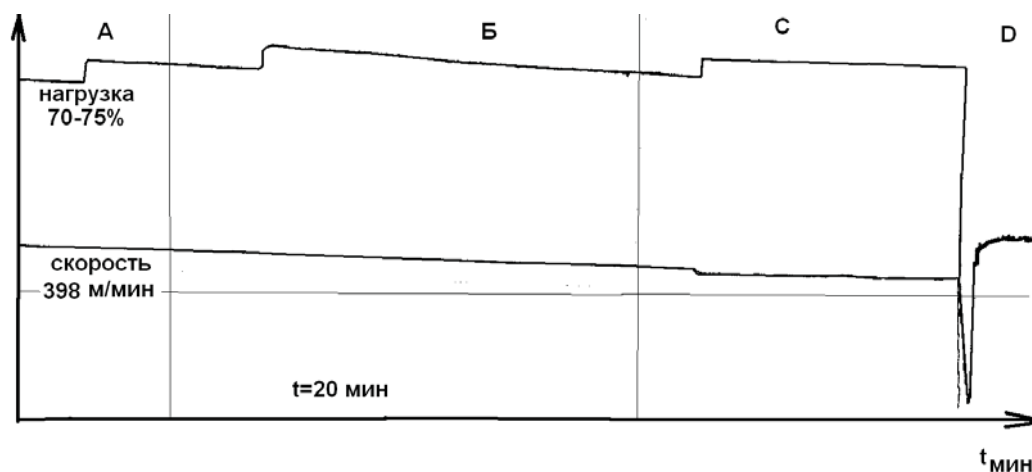


Рис.1. Нагрузка привода и скорость сушильной группы

В моменты времени АВС с интервалом 10...20 мин происходило обрушение конденсатного кольца поочередно в трех цилиндрах группы. В момент времени Д произошел обрыв бумажного полотна и кратковременное снижение скорости машины.

На рис. 2 приведены частота вращения двигателя привода и сила тока питаемой сети в процентах от номинального значения, вызываемые автоколебаниями конденсата в цилиндрах.

Таким образом, наличие автоколебаний конденсата в сушильных цилиндрах может являться причиной обрывности бумажного полотна в сушильной части, а диагностироваться эти колебания могут по мощности привода и силе тока питающей сети.

Известны [2] случаи обрывности бумажного полотна при передаче бумажного полотна с сушильной части на каландр, с прессовой части в первую сушильную группу из-за отклонения от требуемых соотношений скоростей секций.

Причиной отклонения стали интенсивные колебания измерительного вала системы управления скоростями секций БМ вследствие его неуравновешенности и кинематического воздействия колеблющейся от внешних источников станины.

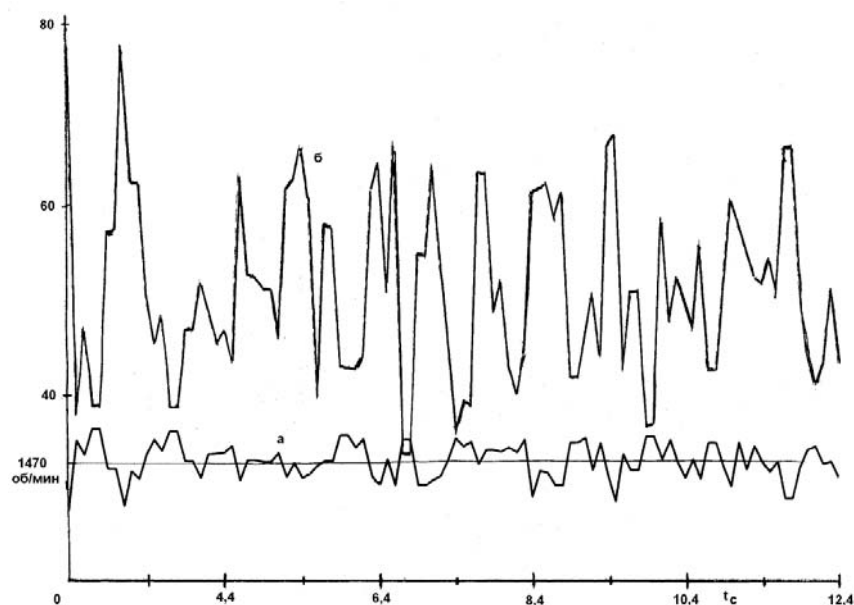


Рис.2. Частота вращения двигателя привода сушильной сетки (а) и колебания силы тока питающей сети (б)

Следует отметить, что колебания конструкций сушильных частей значительно возрастают при кратности отношений частот вращения сушильных цилиндров и оборота сушильных сеток, отношений диаметров сушильных цилиндров и сетководящих валов, при совпадении собственных частот валов и цилиндров и частот колебаний станин.

Интересный случай с обрывностью бумажного полотна, заставивший обратить внимание на проблему, произошел при передаче бумаги с предпоследней сушильной группы на клеильный пресс (рис.3).

Колебания консоли, на которой был установлен измерительный валик, возбуждались повторяющимся защемлением канатика в канатикопроводящей системе сушильной части, проявляющиеся в виде кратковременного изменения натяжения канатика.

Поскольку собственная частота колебаний измерительного валика оказалась близка к частоте колебаний консоли и станины, возбуждались околорезонансные колебания измерительного валика, нарушающие регулирование частоты вращения валов клеильного пресса и приведшие к обрывности бумаги.

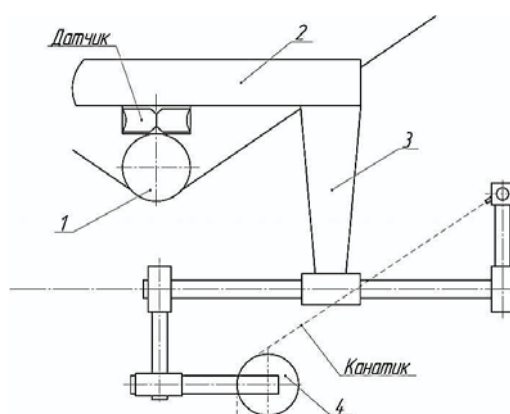


Рис.3. Схема консольной конструкции канатиковой заправки:

1 – измерительный вал; 2 – консоль станины; 3 – конструкция, поддерживающая ролик;
4 – ролик канатиковой заправки

Таким образом, при диагностике обрывности бумажного полотна следует обращать внимание на параметры и причины вибрации измерительных валов [2].

Привод сушильных цилиндров БМ осуществляется преимущественно посредством зубчатых передач паразитного, шахматного или иного исполнения. Сушильные цилиндры кроме жесткой кинематической связи в виде зубчатых передач связаны между собой гибким элементом в виде сушильной сетки, имеющим технологическое назначение [3].

В идеальной бездефектной сушильной части передача момента осуществляется преимущественно зубчатыми колесами. На практике встречаются случаи, когда диаметры сушильных цилиндров оказываются неравными. Это приводит к перераспределению передаваемой мощности между зубчатыми передачами и гибкими связями, а при большей разнице диаметров – к фрикционным срывам гибкой связи относительно того или иного цилиндра.

Подобные срывы неоднократно наблюдались на практике. Они имеют импульсный характер, возбуждают интенсивные крутильно-вращательные колебания привода и вибрацию станин и фундаментов сушильных частей БМ преимущественно на собственных частотах (рис.4).

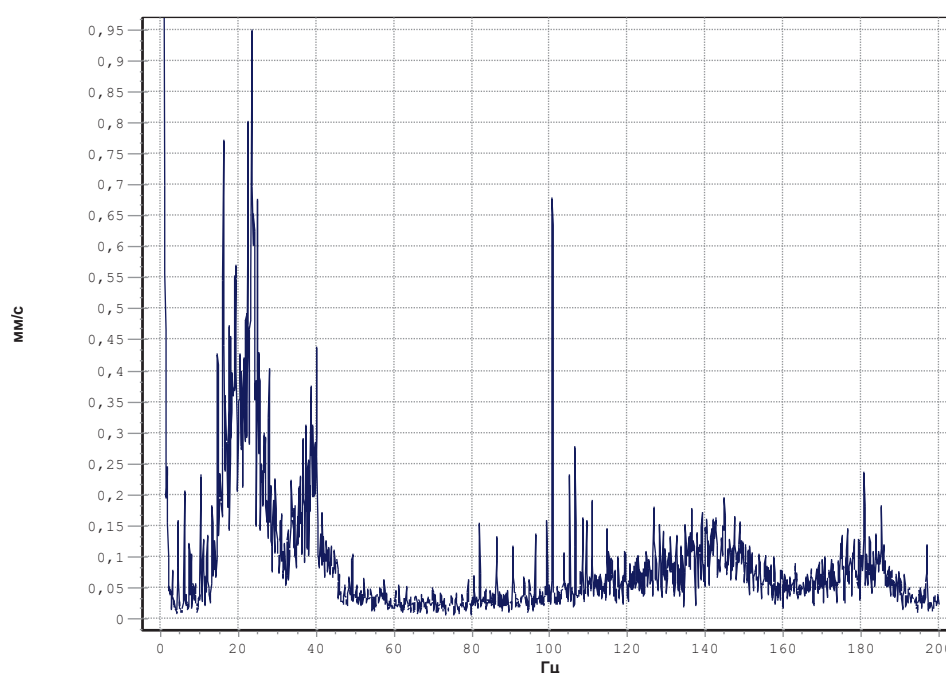


Рис.4. Импульсная вибрация корпуса подшипника сушильного цилиндра

Появление в спектре сушильной части импульсной вибрации с интервалом времени, имеющим случайный характер, является диагностическим признаком того, что один или несколько сушильных цилиндров имеют диаметр, отличающийся от диаметра смежных цилиндров сушильной группы по приводу.

Исходя из опыта, рекомендуемая разница в периметрах сушильных цилиндров одной секции не должна превышать 2 мм.

Список литературы

1. Вибродиагностика, триботехника, вибрация и шум: монографический сборник / Под ред. А. А. Санникова, Н. В. Куцубиной. – Екатеринбург : Уральск. гос. лесотехн.ун-т, 2009. – 416 с.
2. Санников А.А., Гилев А.Ю., Куцубина Н.В., Исаков С.Н. Влияние вибрации измерительных валков системы управления скоростями секций бумагоделательных машин на обрывность бумажного полотна// Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-16377> (дата обращения: 19.12.2014)

3. Санников А.А., Куцубина Н.В., Васильев В.В. Автофрикционные колебания в системах с избыточными фрикционными связями бумагоделательных машин// Вестник ИжГТУ. – Ижевск, 2012. № 2. – С.14-16.

УДК 676+62-7

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА НЕБОЛЬШИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Санников Александр Александрович,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: sannikov@usfeu.ru

Носков Игорь Борисович,
главный механик, АО «Ярославская бумага»,
г. Ярославль, E-mail: noskov@yarpaper.ru

Васильев Вадим Владимирович,
старший преподаватель,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: Vadim@yandex.ru

Куцубина Нелли Валерьевна,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Ключевые слова: бумагоделательная машина, вибрация, прогнозирование, диагностика.

Аннотация. В статье обсуждаются вопросы прогнозирования вибрационного и диагностики технического состояния малогабаритной бумагоделательной машины при увеличении ее скорости.

MODERNIZATION AND DIAGNOSTICS OF PAPER MACHINE FOR SMALL BUSINESS

Sannikov Alexander Alexandrovich,
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, professor
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: sannikov@usfeu.ru

Noskov Igor Borisovich,
chief mechanic, JSC «Yaroslavl paper», Yaroslavl, E-mail: noskov@yarpaper.ru

Vasiliev Vadim Vladimirovich,
senior lecturer, Ural State Forest Engineering University,
Yekaterinburg, E-mail: Vadim@yandex.ru

Kutsubina Nelli Valeryevna,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Key words: paper machine, vibration, forecasting, diagnostics.

Abstract. The article discusses the issues of vibration prediction and diagnostics of the technical condition of a small paper machine with increasing its speed.